

(51)

Int. Cl. 4:

F 16 K 17-06

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DT 2431785 A1

(11)

Offenlegungsschrift 24 31 785

(21)

Aktenzeichen:

P 24 31 785.9

(22)

Anmeldetag:

2. 7. 74

(43)

Offenlegungstag:

22. 1. 76

(30)

Unionspriorität:

(32) (33) (31) —

(54)

Bezeichnung:

Hydraulisches direkt gesteuertes Druckbegrenzungsventil in Schieberausführung

(71)

Anmelder:

Backe, Wolfgang, Prof. Dr.-Ing., 5100 Aachen.

(72)

Erfinder:

Backe, Wolfgang, Prof. Dr.-Ing.; Brodowski, Willi, Dr.-Ing.;
5100 Aachen

BEST AVAILABLE COPY

Hydraulisches direkt gesteuertes Druckbegrenzungsventil in Schieberausführung

Der Anmeldungsgegenstand betrifft ein direktgesteuertes hydraulisches Druckbegrenzungsventil in Schieberausführung mit einem gegen die Kraft einer Feder verstellbaren Differentialkolben und zu einer Halbbrücke zusammengefaßten hydraulischen Widerständen.

Solche direktgesteuerten Druckbegrenzungsventile werden bei hydraulischen Anlagen oft verwendet und haben sich im allgemeinen bewährt. Dabei versteht man unter dem Begriff "Halbbrücke" oder auch "Brückenthalbglied" die Kombination von Eingangs- und Ausgangswiderstand mit einer Abzweigung zum Verdrängerraum. Diese Ventile haben den Vorteil, daß sie bei plötzlichen Druckänderungen im System, z.B. beim Abschalten eines Verbrauchers, schnell ansprechen und daher besonders als Sicherheitsventile geeignet sind. Nachteilig ist bei ihnen aber, daß der Druck im System nur bedingt unabhängig vom Volumenstrom konstant bleibt.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Druckbegrenzungsventil obiger Bauart zu schaffen, bei dem für alle im Betrieb vorkommenden Durchflußmengen Q_v der im System herrschende Druck p weitgehend konstant bleibt und zugleich ein gutes dynamisches Verhalten des Gesamtventils im obigen Sinne erzielt wird. Dabei soll die Bauart einfach und die Herstellung billig sein.

Diese Aufgabe ist mit bekannten Ventilbauarten nicht lösbar. Das in der DT-AS 1 264 195 dargestellte und beschriebene Überdruckventil ist durch die Hintereinanderschaltung mehrerer hydraulischer Widerstände gekennzeichnet, von denen zumindest ein Ausgangswiderstand ein nichtlineares Öffnungsgesetz be-

sitzt, während der Eingangswiderstand ein lineares Öffnungsgesetz aufweist. Der für die Kompensation der Federkraft ausgenutzte Zwischendruck wird durch den Ausgangswiderstand erzeugt, der nach einem nichtlinearen Gesetz öffnet. Mit dieser Konzeption wird zwar ein Gleichdruckverhalten des Ventils angestrebt, aber nicht völlig erreicht. Der Ausgangswiderstand ist in den Ventilsitz integriert und muß den jeweiligen Betriebsbereichen angepaßt werden. Eine den Betriebsbedingungen anpaßbare Dämpfungsmöglichkeit ist bei dem bekannten Ventil nicht gegeben.

Das in der DT-PS 680 573 dargestellte und beschriebene Überströmventil benötigt, um zur Erzeugung des Gleichdruckverhaltens die Federkraft zu kompensieren, eine Reihenschaltung von drei hydraulischen Widerständen. Dabei besitzt der Eingangswiderstand ein lineares und der Ausgangswiderstand ein nichtlineares Öffnungsgesetz. Erst durch das Nachschalten eines konstanten Widerstandes kann vor dem Ausgangswiderstand ein vom Volumenstrom abhängiger Druck zur Kompensation der Federkraftzunahme bei Erhöhung des Volumenstroms erzeugt werden. Durch das Austauschen von Ventiltteilen zur Anpassung des Ausgangswiderstandes kann das Betriebsverhalten auf verschiedene Betriebsbereiche abgestimmt werden. Eine Beeinflussung der Dämpfung ist bei diesem bekannten Überstromventil nicht möglich.

Zur Klarlegung der physikalischen Grundlagen sei auf folgendes hingewiesen: Jedes Druckbegrenzungsventil stellt einen vom Systemdruck gesteuerten Widerstand dar. Überschreitet der Systemdruck einen am Ventil eingestellten Sollwert, so wird die Druckdifferenz ausgenutzt, um das Ventil entgegen der Federkraft zu öffnen. Problematisch für das gewünschte Gleichdruckverhalten ist beim Schieberventil der Umstand, daß das Ventil für größere Volumenströme weiter öffnen muß; dabei muß eine Kraft erzeugt werden, die die Zunahme der Federkraft kompensiert. Da ein Volumenstrom an der Steuerkante von Schieberventilen eine axiale Reaktionskraft, die in Schließrichtung des Ventils wirkt, hervorbringt, kann bei einem Druck-

begrenzungsventil in der Schieberausführung die Strömungskraft nicht als zusätzliche öffnende Kraft bei ansteigendem Volumenstrom verwendet werden. Es muß daher eine andere, mit dem Durchfluß ansteigende Kraft in öffnender Richtung auf den Ventilkolben wirken. Schaltet man in dem Druckbegrenzungsventil einen aktiven und einen passiven Widerstand in Reihe und läßt den Zwischendruck p_1 vor dem passiven Widerstand in der Weise auf eine Kolbenfläche des aktiven Widerstandes wirken, daß eine öffnende Kraft entsteht, so kann diese bei ansteigendem Volumenstrom die Zunahme der Federkraft kompensieren. Es muß somit die Halbbrücke eine besonders ausgewählte Zusammenschaltung der Widerstände aufweisen. Wenn der Zwischendruck p_1 linear mit dem Volumenstrom zunimmt, so wird die Federkraftzunahme entsprechend kompensiert, d.h. das Ventil öffnet weiter und der eingestellte Sollruck bleibt konstant. Da aber der Druck vor dem nachgeschalteten, z.B. eine blendenartige Durchflußcharakteristik aufweisenden Widerstand quadratisch mit dem Volumenstrom zunimmt, kann das angestrebte Gleichdruckverhalten des Ventils nur dann erreicht werden, wenn der Kolbenweg x und damit auch der Federweg ebenfalls quadratisch mit dem Volumenstrom zunehmen. Das bedeutet, daß an der Steuerkante des aktiven Widerstandes ein wurzelförmiges Öffnungsgesetz verwirklicht sein muß. Der nachgeschaltete passive Widerstand kann eine Drossel sein, die auf verschiedene Betriebszustände abstimmbare ist.

Unter Berücksichtigung dieser physikalischen Vorgänge wird zur Lösung der oben gestellten Aufgabe vorgesehen, daß der Eingangswiderstand durch den Ventilkolben, der durch den zu regelnden Druck p und den vom Volumenstrom Q_v abhängigen Zwischendruck p_1 beaufschlagt wird, steuerbar ist und ein fest definiertes nichtlineares Öffnungsgesetz abhängig von der Durchflußcharakteristik der verwendeten Widerstände hat, während der Ausgangswiderstand konstant ist, wobei die Drosselfläche des Eingangswiderstandes bei quadratischem Durchflußgesetz beider Widerstände der Halbbrücke einen wurzelähnlichen Verlauf über dem Kolbenweg x aufweist.

Zur Erzielung des wurzelähnlichen Verlaufs der Drosselfläche des Eingangswiderstandes über dem Kolbenweg ist es vorteilhaft, den Eingangswiderstand 11 gemäß Bild 1a auszubilden.

Durch diese Maßnahme wird erreicht, daß die Drosselquerschnittsänderung mit zunehmenden Öffnungsweg des Kolbens geringer wird. Hierdurch wird in guter Annäherung der erstrebte wurzelähnliche Öffnungsverlauf erreicht.

Weiter ist es vorteilhaft, den Ausgangswiderstand als Lochblende auszubilden, die im Ventilgehäuse mittels einer Klemmschraube gehalten wird. Auf diese Weise ist ein einfacher Austausch der Blende zwecks Anpassung des Ventils an andere Betriebsbereiche möglich.

Die zur Stabilisierung des dynamischen Verhaltens des Ventils vorgesehenen beiden zusätzlichen Drosselstellen sind in der Weise angeordnet, daß die eine in einer Längsbohrung des Kolbens kleinen Durchmessers sitzt; sie ist damit direkt dem Systemdruck ausgesetzt und kann den Öffnungsvorgang des Ventils beeinflussen; die andere Drossel befindet sich in einer Verbindungsbohrung zwischen dem veränderbaren Eingangswiderstand und dem Raum unter dem Kolbenteil großen Durchmessers; sie ist dem Zwischendruck p_1 ausgesetzt und bewirkt einen gut gedämpften Einschwingvorgang des Ventils.

Diese beiden zusätzlichen Drosseln können unabhängig voneinander verstellbar sein.

Von Vorteil ist weiter, daß unter Beibehaltung der Form und Größe des Eingangswiderstandes durch Kombinationen von Federn verschiedener Steifigkeit mit entsprechenden Lochblenden als Ausgangswiderstand Gleichdruckverhalten erzeugt werden kann.

Durch die Variation der Federsteifigkeit und/oder des Konstantwiderstandes kann damit im Betrieb für jeden Systemdruck ein optimales Verhalten des Ventils eingestellt werden: der Systemdruck bleibt unabhängig vom Volumenstrom konstant, bei Druckerhöhung öffnet das Ventil rasch, so daß hohe Druckspitzen vermieden werden, und besitzt darüberhinaus auch einen gut gedämpften Einschwingvorgang.

Im Gegensatz zu bekannten Druckbegrenzungsventilen werden beim Gegenstand der Erfindung nur zwei Widerstände benötigt, wodurch der Aufbau einfacher und die Herstellung billiger ist.

Für die Konstruktion des Ventils kann ferner von der Konzeption her eine genaue rechnerische Dimensionierung erfolgen, die es erlaubt, Gleichdruckverhalten für jeden Betriebsbereich (Systemdruck, Ventildurchflußmenge) schon bei der Konstruktion zu berücksichtigen und/oder im Betrieb auf einfache Weise einzustellen.

Zur Vermeidung von Überkompensation müssen die Öffnungsgesetze (Drosselfläche = f (Kolbenweg x)) der hydraulischen Widerstände auf deren Durchflußgesetz (Volumenstrom $Q_v = f$ (Druckdifferenz Δp)) so abgestimmt sein, daß sich Gleichdruckverhalten ergibt.

Von großer Bedeutung sind auch die beiden zusätzlichen Dämpfungsmöglichkeiten in Gestalt der Dämpfungs-drosseln, die ein gerade bei den bekannten Ventilen mit nichtlinearem Öffnungsgesetz nur schwer zu verwirklichendes stabiles Betriebsverhalten im gesamten Betriebsbereich ermöglichen.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt; darin zeigen:

Bild 1 die Gesamtanordnung des Ventils schematisch im Schnitt,

Bild 2 die besondere Gestaltung des Eingangswiderstandes der Halbbrücke,

Bild 3 ein bestimmtem solchen Ventil gemessenen Kennlinienfeld.

Das Druckbegrenzungsventil weist ein Gehäuse 2 auf, das am einen Ende geschlossen und am anderen Ende durch einen aufgeschraubten Flansch 1 dicht verschlossen ist. In dem Gehäuse befindet sich eine abgesetzte Längsbohrung 12a - 12d, in der ein Differentialkolben 3a - 3f gegen die Kraft einer Schraubenfeder 6 verschiebbar ist. Der Stufenkolben besteht aus einem Kolbenteil 3a mit großem Durchmesser und zwei Kolbenteilen 3b, 3c mit kleinem Durchmesser, die durch einen Abschnitt noch geringeren Durchmessers 3d miteinander verbunden sind. Auch ist der obere Kolbenteil kleinen Durchmessers 3b mit dem Kolbenteil großen Durchmessers 3a durch einen dünnen Abschnitt 3e verbunden. Die Feder 6 stützt sich einerseits in einer Ausnehmung des dicken Kolbenteils 3a und andererseits gegen einen Teller 5 ab, der in einer Stellschraube 4 gehalten ist. Durch Drehen der Stellschraube 4 im Gewinde des Flansches 1 kann die Federvorspannung verändert werden. Im Ventilkörper 2 ist ferner eine Radialbohrung 13 angebracht, die mit der Druckquelle in Verbindung steht. Eine weitere Radialbohrung 14 wird mit dem Vorratsbehälter für die Hydraulikflüssigkeit verbunden. Die Querbohrung 13 mündet im Innern des Ventilgehäuses 2 in den für die Kolbenteile kleinen Durchmessers 3b, 3c vorgesehenen Teil 12b der Längsbohrung, und zwar zwischen den Kolbenteilen 3b und 3c, also im Bereich des sie verbindenden Abschnitts 3d. Dieser Verbindungsabschnitt 3d ist mit einer durchgehenden Querbohrung 15 versehen, die im Innern mit einer durch den unteren Kolbenteil 3c geführten Längsbohrung 16 in Verbindung steht, welche ihrerseits in den unter dem Kolbenteil 3c befindlichen Raum 12c der Gehäusebohrung mündet. Im unteren Bereich dieser Längsbohrung 16 ist eine Dämpfungsdrossel 10 angeordnet.

Im Bereich des Übergangs des oberen Kolbenteils 3b auf den Verbindungsabschnitt 3d ist die Bohrung 12b des Ventilgehäuses durch eine Ringnut 17 erweitert. Die untere Ringkante 17a dieser Nut bildet zusammen mit der unteren Ringkante 3f des oberen

Kolbenteils 3b den gesteuerten Eingangswiderstand 11. Wie sich aus Bild 2 ergibt, können zur Erzielung eines wurzelähnlichen Verlaufs bei der Bewegung des Kolbens an der Bohrung 12b noch besondere Maßnahmen ergriffen werden. Von der Ringnut 17 geht eine kurze Radialbohrung 18 ab, die in eine hohle Klemmschraube 9 mündet, wobei aber zwischen dieser Bohrung 18 und dem Innern der Klemmschraube 9 eine ringförmige Blende 8 eingeschaltet ist, die als fester Ausgangswiderstand der Halbbrücke dient. Aus dem Innern der Klemmschraube führt eine Längsbohrung 19 in die Querboreung 14. Eine weitere Längsbohrung 20 führt aus der Klemmschraube 9 in Richtung auf das Federende des Ventils und geht dort in eine kurze Querboreung 20a über, die in den Raum 12a über dem Kolbenteil 3a großen Durchmessers mündet, in dem sich auch die Feder 6 befindet. Diese zuletzt genannte Querboreung 20a steht außerdem mit einer nach außen führenden Gewindebohrung 21 in Verbindung, über die völlige Druckentlastung des Federraumes 12a stattfinden kann. Schließlich gibt es noch eine Längsbohrung 22, die von der Querboreung 18 zu dem Raum 12d der Gehäusebohrung unter dem Kolbenteil 3a geht. In dieser Längsbohrung 22 ist die zweite Dämpfungs-drossel 7 angeordnet.

Die Halbbrücke besteht somit bei diesem Ventil aus dem durch die Steuerkanten 17a der Ringnut 17 und 3f des Kolbenteils 3b gebildeten veränderbaren Widerstand 11 und dem durch die Blende 8 dargestellten festen Widerstand. Mit Hilfe der Klemmschraube 9 kann die Blende 8 leicht ausgetauscht werden, wenn der Betriebsdruck geändert werden soll.

In Bild 2 ist dargestellt, wie beispielsweise der Drosselquerschnitt 11 des Eingangswiderstandes ausgebildet sein kann, damit ein wurzelähnlicher Verlauf über dem Kolbenweg x entsteht. Dabei schließen sich an die Ringnut 17 drei Ausklinkungen 23 - 25 an, wobei die Breite und ggfs. auch die Tiefe der in bezug auf den Kolbenweg folgenden Ausklinkung immer kleiner ist als bei der vorhergehenden. Oberhalb der schematischen Darstellung der Anordnung der Ausklinkungen ist grafisch dargestellt, wie sich dabei Drosselquerschnitt A_D und Volumenstrom Q_V über

dem Kolbenweg x ändern. Man sieht deutlich, daß bei Beginn der Öffnung des Drosselquerschnitts, nur im Bereich der Ringnut, Volumenstrom und Drosselquerschnitt stark zunehmen, während die Zunahme dieser Daten nach dem Übergang des Kolbens in den Bereich der Ausklinkungen 23 - 25 immer kleiner wird. Dadurch ist die Einhaltung eines wurzelähnlichen Öffnungsverlaufs mit guter Annäherung gewährleistet.

Ein mit einem Druckbegrenzungsventil der dargestellten Bauart gemessenes Kennlinienfeld für die Abhängigkeit des Systemdrucks vom Ventildurchfluß für verschiedene Zwischendrücke p_1 ist in Bild 3 dargestellt. Dieses Diagramm, in dem als Nebenzeichnung das beschriebene Ventil in symbolischer Darstellung eingezeichnet ist, veranschaulicht, daß für alle untersuchten Zwischendrücke p_1 das Ventil ein gutes Gleichdruckverhalten zeigt. Die strichpunktierte Grenzkurve läßt erkennen, bis zu welchem maximalen Volumenstrom Q_{\max} das Ventil bei den verschiedenen Zwischendrücken p_1 benutzt werden kann. Dieser Wert ergibt sich rechnerisch aus

$$Q_{\max} = B \cdot \sqrt{x_{\max}} \cdot \sqrt{\Delta p},$$

worin B der Durchflußkoeffizient, x_{\max} der größte Kolbenweg und $\Delta p = p - p_1$ die am Eingangswiderstand anliegende Druckdifferenz ist.

Bei der dargestellten Ventil-Bauart wirkt der Systemdruck p aus der Druckleitung über den Anschluß 13, den Ringraum 12b zwischen den beiden Kolbenteilen 3b und 3c, die Querbohrung 15, die Längsbohrung 16, durch die Drossel 10 auf die Unterseite des unteren Kolbens 3c. Durch den Druck p wird der ganze Differentialkolben 3a - 3f nach oben verschoben und öffnet, sobald der durch die Vorspannung der Feder 6 bestimmte Druck erreicht ist, den Widerstand 11; dadurch tritt nunmehr ein Teil des Druckmittels in die kurze Querbohrung 18 und durch die Blende 8 sowie die Klemmschraube 9 in die Ableitung 14 ein. Der dabei vor der Blende 8 entstehende Zwischendruck p_1 wird dazu benutzt, nach Durchströmen der Drosselstelle 7

an dem Kolbenteil 3a großen Durchmessers anzugreifen und ihn bei steigendem Volumenstrom gegen die größer werdende Federkraft und Strömungskraft zu verschieben. Da somit sich die Stellung des Kolbens infolge Kompensierung der Federkraft durch den Zwischendruck an die Strömungsmenge anpaßt, bleibt der Systemdruck konstant. Durch Austausch der Blende 8 kann eine Anpassung an unterschiedliche gewünschte Betriebsdrücke erreicht werden. Durch die Dämpfungs-drossel 10 kann der Öffnungsvorgang und durch die Drossel 7 der Einschwingvorgang des Ventils günstig beeinflußt werden. Es wird dadurch eine sichere Stabilisierung des Ventils für jeden Betriebsbereich ermöglicht. Eine weitere Möglichkeit der Anpassung an unterschiedliche Betriebsbedingungen besteht in der Änderung der Federsteifigkeit durch Austausch der Feder 6.

P a t e n t a n s p r ü c h e

①. Hydraulisches direktgesteuertes Druckbegrenzungsventil in Schieberausführung mit einem gegen die Kraft einer Feder verstellbaren Differentialkolben und zu einer Halbbrücke zusammengeschalteten hydraulischen Widerständen,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß der Eingangswiderstand (11) durch den Ventilkolben (3a - 3f), der durch den zu regelnden Druck (p) und den vom Volumenstrom (Q_v) abhängigen Zwischendruck (p_1) beeinflusst ist, steuerbar ist, und ein fest definiertes nichtlineares Öffnungsgesetz abhängig von der Durchflußcharakteristik der verwendeten Widerstände hat, während der Ausgangswiderstand (8) konstant ist, wobei die Drosselfläche des Eingangswiderstandes (11) bei quadratischem Durchflußgesetz beider Widerstände (11, 8) der Halbbrücke einen wurzelähnlichen Verlauf über dem Kolbenweg (x) aufweist.

2. Ventil nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß der Eingangswiderstand (11) zur Erzielung des wurzelähnlichen Verlaufs über dem Kolbenweg aus einer Ringnut (17) und mehreren anschließenden Ausklinkungen (23 - 25) besteht, deren Breite und/oder Tiefe stufenförmig kleiner wird.

3. Ventil nach Anspruch 1 und 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß der Ausgangswiderstand als austauschbare Lochblende (8) gestaltet ist, die mittels einer Klemmschraube (9) im Ventilgehäuse (2) gehalten ist.

4. Ventil nach den Ansprüchen 1 bis 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß zur Stabilisierung des Ventils dienende zusätzliche Dämpfungsdrösseln (10, 7) in der Weise angeordnet sind, daß die eine (10) in einer Längsbohrung (16) des unteren Kolbenteils (3c) kleinen Durchmessers untergebracht ist, während die andere (7) sich in einer Verbindungsbohrung zwischen dem Eingangswiderstand (11) und dem Raum (12d) unter dem Kolbenteil (3a) großen Durchmessers befindet.

5. Ventil nach den Ansprüchen 1 bis 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

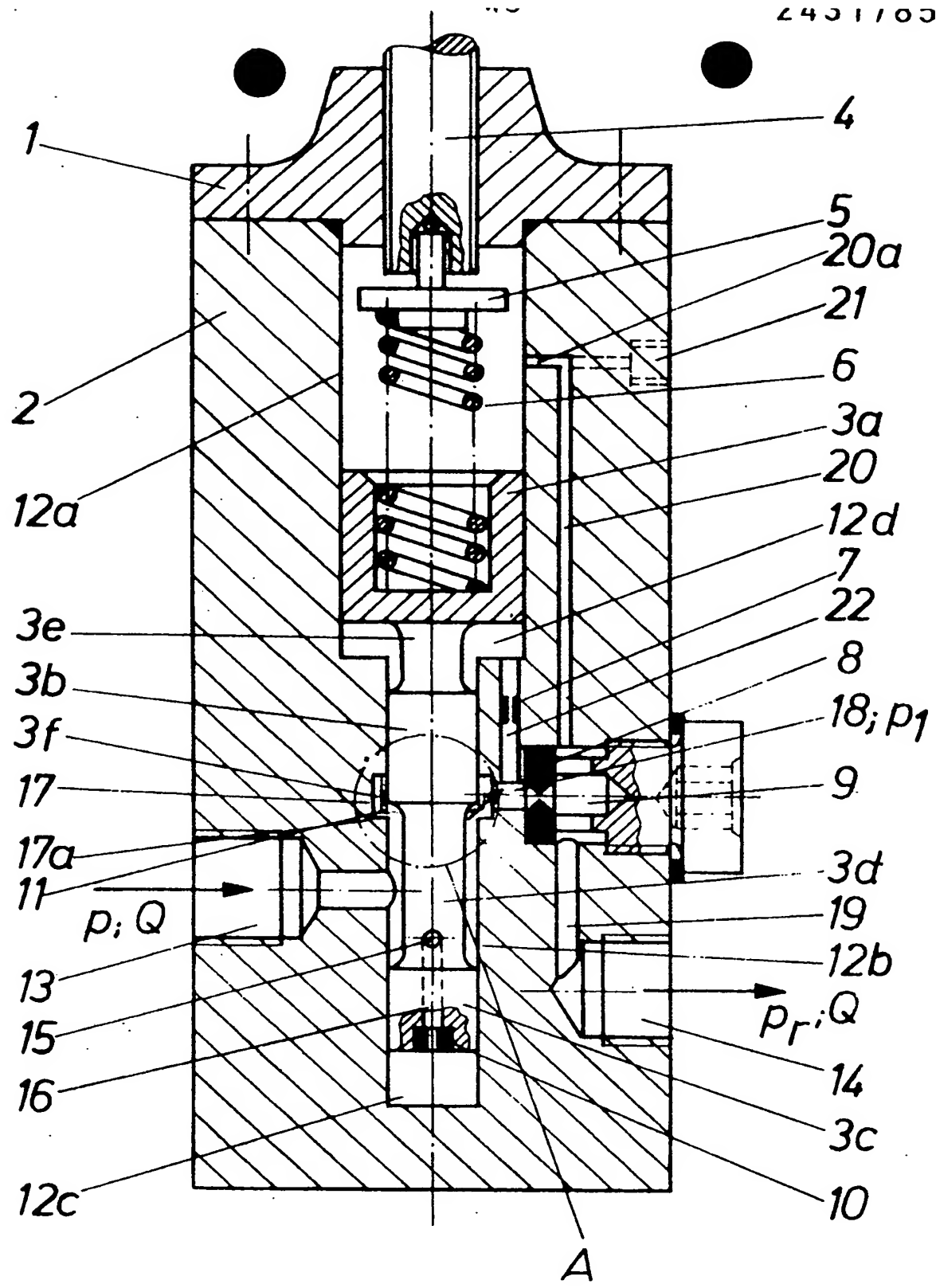
daß die beiden Dämpfungsdrösseln (10, 7) veränderbar ausgebildet sind und zwar unabhängig voneinander.

6. Ventil nach den Ansprüchen 1 bis 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß durch wahlweisen Einsatz von Federn verschiedener Steifigkeit der Druckbereich, in dem Gleichdruckverhalten gegeben ist, vergrößerbar ist.

- - -



Вид А

509884/0076

Р10К 17-06

АТ:02.07.1974 ОТ:22.01.1976

Einzelheit A

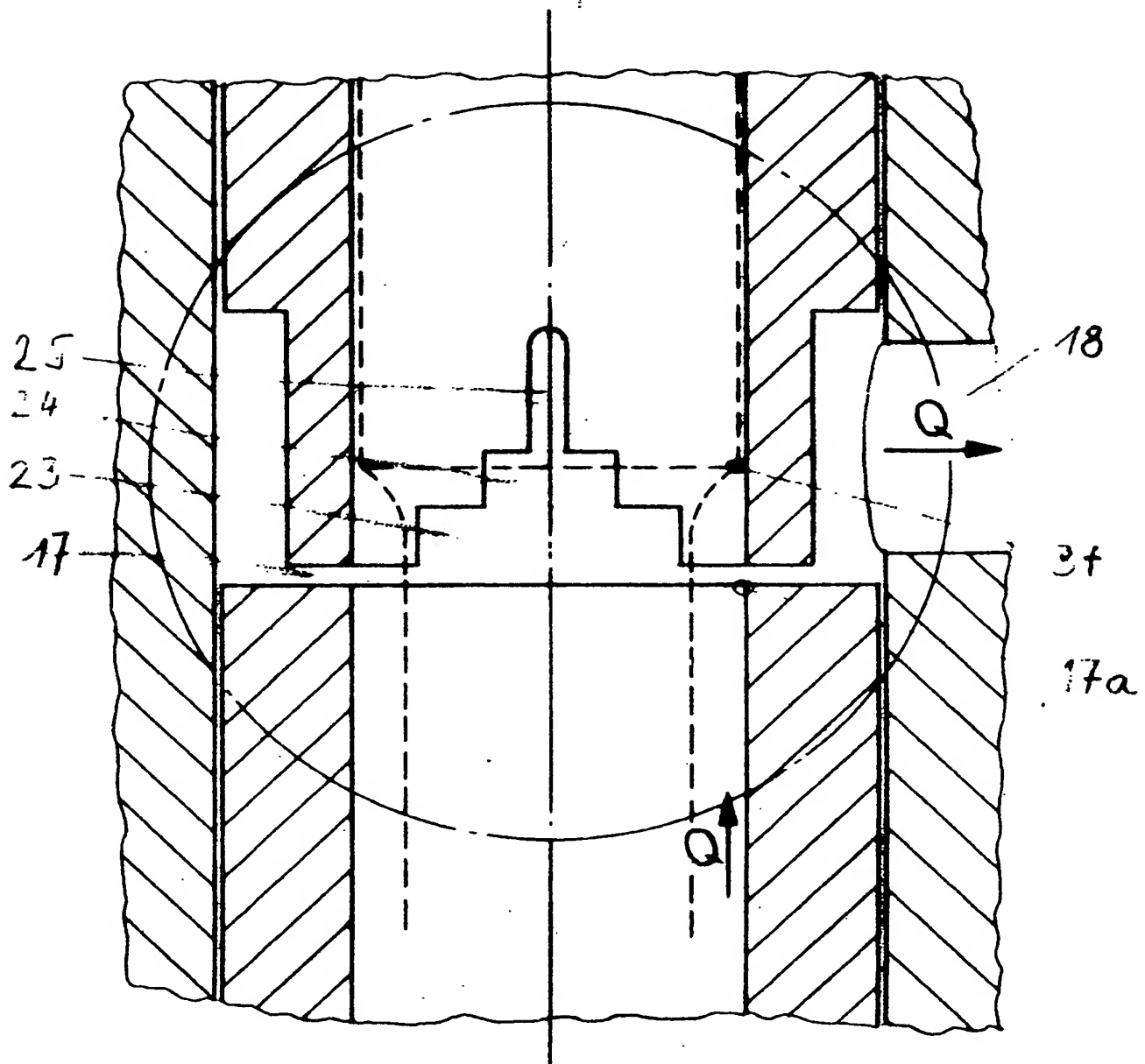


Bild 1a

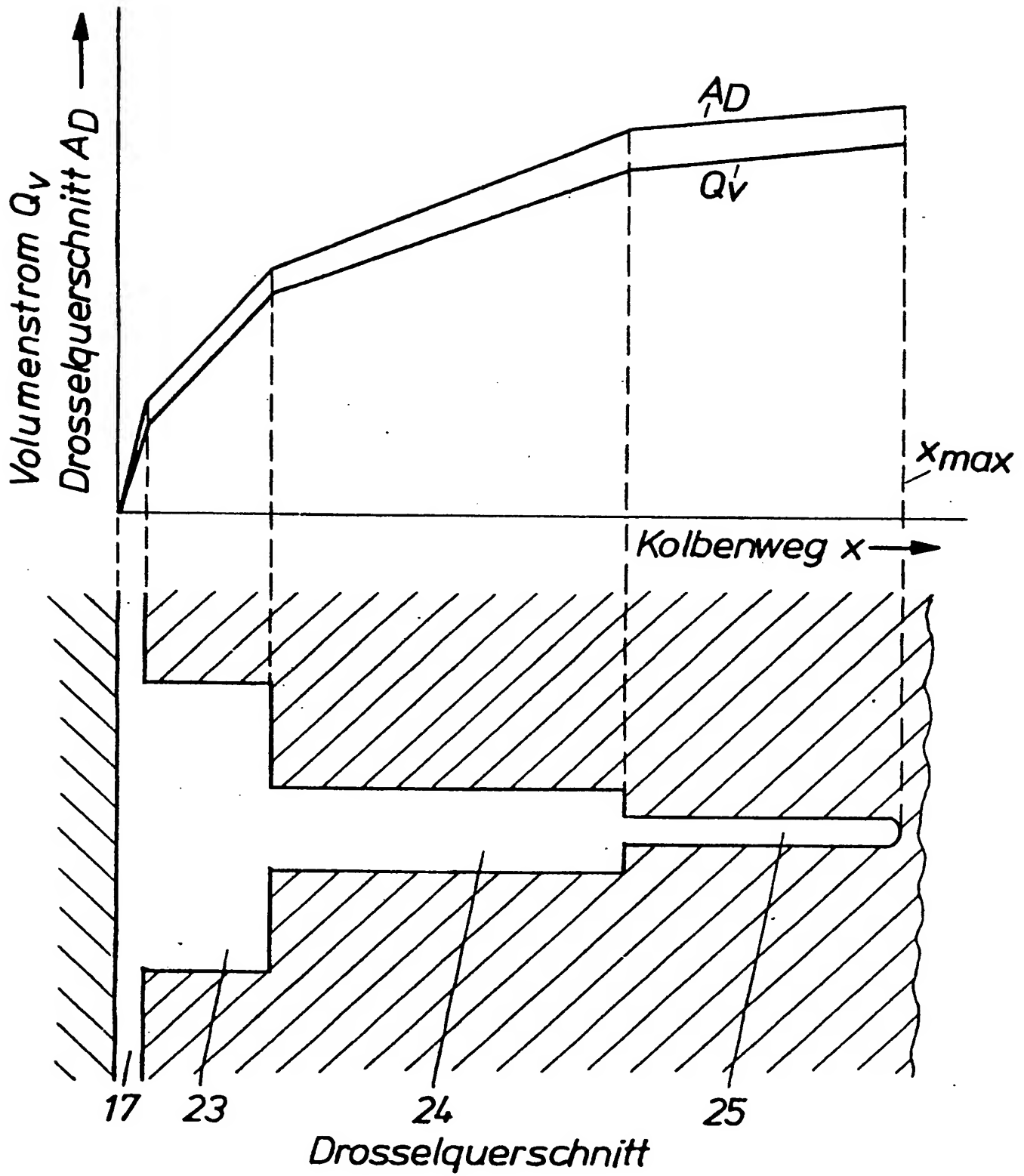


Bild 2

504 884/0076

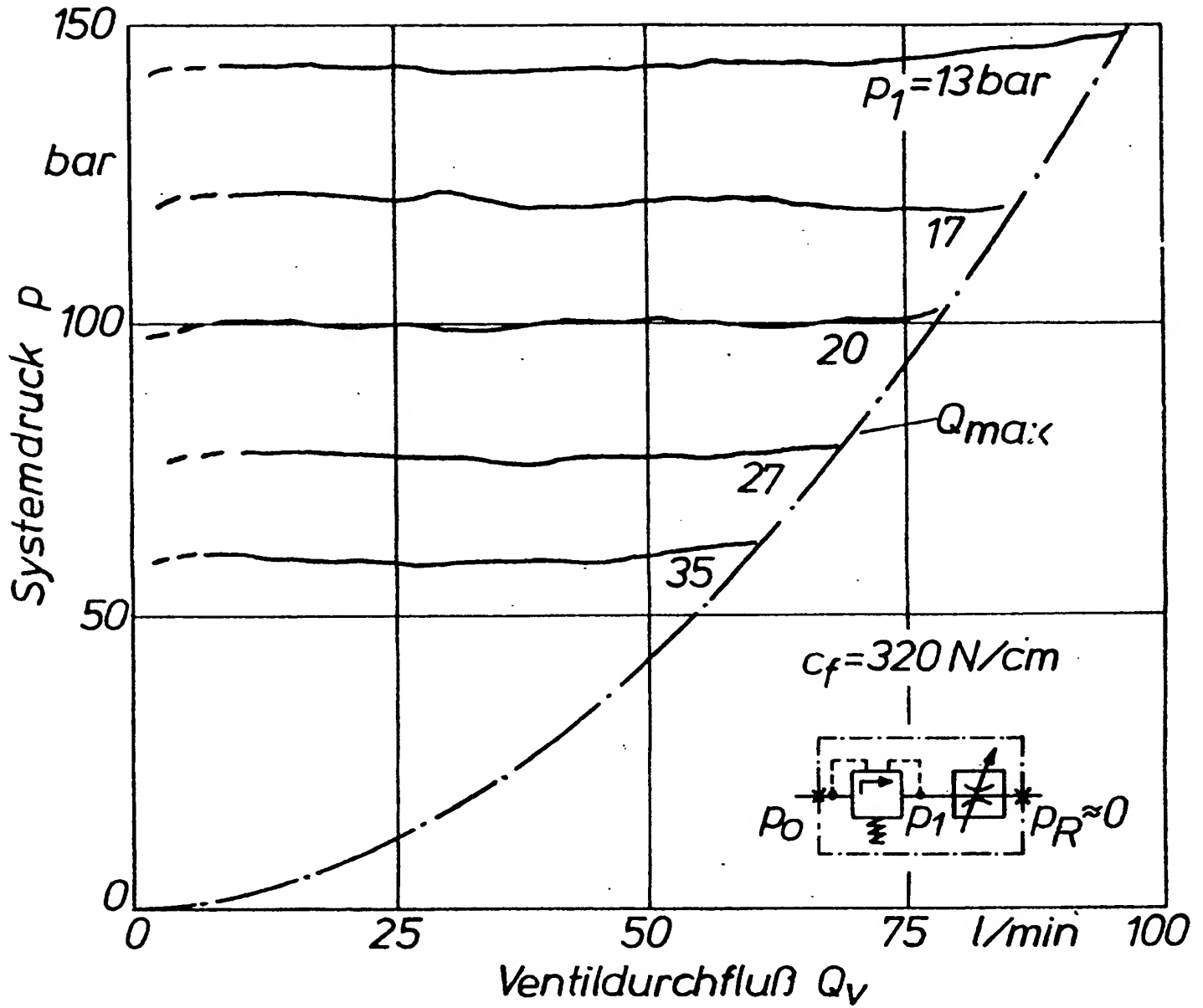


Bild 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.